

Фидель Кастро Диас-Баларт

Почти через сто лет после открытия радиоактивности и через 15 лет после Чернобыльской аварии, породившей сомнения, неопределенность и пессимизм, что можно сказать о будущем ядерной энергии?

Настоящая книга, рассчитанная на широкий круг читателей, как специалистов, так и неспециалистов в данной области, пытается дать ответ на этот актуальный вопрос. В ней затрагиваются различные аспекты дискуссии относительно роли ядерной энергетики, подробно рассказывается о том, как атом помог человечеству диверсифицировать источники энергии и снизить зависимость от нефти и угля при ее производстве. В работе анализируются основные принципы использования ядерной энергии и сохранения окружающей среды. По словам автора, специалисты считают атомные реакторы *самым чистым* способом производства электроэнергии по сравнению с ископаемым горючим. Последнее дает намного более высокий уровень загрязнения атмосферы. В книге характеризуются современные усилия по повышению безопасности строящихся и уже существующих ядерных реакторов, которые в начале XXI века будут удовлетворять 20% мировых энергетических потребностей. Также описываются другие способы применения ядерной энергии, выходящие за рамки простого производства электричества: существует широкий спектр возможностей ее рачительного использования в промышленности, науке и здравоохранении. Автор, сыгравший ключевую роль в работе Комиссии по атомной энергии Кубы, посвящает целую главу исследованию истории и основных направлений развития кубинской ядерной программы.

*Каждый выбирает свой собственный путь,
но место назначения у всех одинаково.*

Платон

Лишь немногие государства *третьего мира* имеют ядерные программы, главной целью которых является обеспечение энергетических потребностей. Куба – одна из стран, столкнувшихся с вышеуказанной проблемой и осуществивших соответствующую программу в области мирного использования атомной энергии. Данная программа имеет большое значение для Кубы. Что касается производства

энергии (а это наиболее важная часть проекта), ставится цель в сравнительно короткие сроки добиться того, чтобы 20% электроэнергии в стране наработывалось атомными реакторами.

Как и многие другие развивающиеся страны, Куба имеет небольшую территорию, и на острове отсутствуют значительные запасы угля и гидропотенциал. Государство зависит от импорта нефти, который покрывает около 70% потребностей в энергии. Можно ли в такой ситуации вообще ставить под сомнение необходимость осваивания атомных энергоресурсов?

Разумеется, нет. Тем более, когда эта технология успешно прошла стадию экспериментального применения много лет назад и активно используется во многих промышленно развитых странах, Латинской Америке, Азии и Африке, принося значительную пользу.

Сам факт, что такую задачу поставила перед собой страна с ограниченными ресурсами, стремящаяся обеспечить развитие в трудных геополитических и экономических условиях, привлекает к программе растущее внимание экспертов, специализированных органов мирового сообщества и академических институтов. Главной целью кубинской программы в области атомной энергетики стало сооружение АЭС в Хурагуа, и именно этот проект вызывает наибольший интерес.

Первая попытка

Чтобы понять современную ситуацию, необходимо дать обзор событий, происходивших в недалеком прошлом. В пятидесятые годы Куба, как и многие другие государства, находилась в числе стран, с которыми США подписали соглашения о сотрудничестве в ядерной области (в рамках политики *Атомы для мира*). Этот документ предусматривал осуществление программ, которые должны были обеспечить доступ к новому источнику энергии. Тем не менее, эти договоренности так и остались на бумаге.

Для маленького острова в Карибском море это десятилетие стало важным этапом в истории. Социальные проблемы усугублялись ростом населения и продолжавшимся застоем в экономике, зависевшей от производства лишь

одной культуры – сахара. Все это было тесно связано и с финансово-экономическими интересами США. Их транснациональные корпорации владели значительной частью инфраструктуры и имели огромное влияние на внутреннюю политику Кубы даже после отмены в 1934 году поправки Плэтта.

Сложную социально-экономическую ситуацию того времени практически невозможно было изменить к лучшему. За исключением отдельных предприятий пищевой, лесной и текстильной промышленности, неспособных выдержать иностранную конкуренцию, Куба была источником дешевого сырья.

Положение еще более усугублялось значительным ограничением гражданских прав, наступившим после прихода к власти Фульхенсио Батисты 10 марта 1952 года. Последний занял пост главы государства в ходе переворота, произошедшего за четыре месяца до президентских выборов на Кубе. Диктаторский режим Батисты просуществовал до декабря 1958 года.

К этому времени ситуация ухудшилась. По сравнению с 1952 годом, население страны увеличилось на 1,2 млн человек, а количество безработных – на 100 тыс. человек, составив 35% трудоспособного населения. 70% земли были в руках 8% землевладельцев, среди которых существенная доля приходилась на иностранные компании. Ситуация с экспортом сахара также была удручающей. Если в 1956 году количество не проданного на экспорт сахара составляло 360 тыс. т, то в 1958 году эти запасы превысили миллион тонн.

То же происходило и в других отраслях экономики. Производство табака упало за период с 1952 по 1958 годы с 42 тыс. т до 22 тыс. т. Кофе, которого в 1955 году производилось 45 тыс. т, через три года выпускалось лишь 29 тыс. т. Урожай риса снизился со 163 тыс. т в 1956 году до 150 тыс. т в 1958 году.

Упадок поразил и животноводство. В 1952 году на Кубе было четыре миллиона голов крупного рогатого скота, а через несколько лет стал лишь один миллион. Из-за жесткого контроля над потребительским рынком со стороны импортеров практически не существовало свиноводство.

У Кубы почти не было промышленности. 80% ее промышленного потенциала составляли мастерские, производившие основные товары и имевшие в среднем от 5 до 25 рабочих. Куба

перерабатывала 3,6 млн т нефти и производила менее 25 тыс. т стали. Производство электроэнергии с трудом достигало 2,55 млн кВт в год, а потребление энергии на душу человека составляло 406 кВт. Производилось лишь 743 тыс. т цемента, и в этой отрасли были заняты только 200 инженеров.

В 1958 году стоимость кубинского экспорта была на уровне 490 млн песо, а импорт превышал 540 млн песо. В том же году отрицательное сальдо торгового баланса катастрофически увеличило и без того огромный дефицит в торговле с США, достигший 600 млн долл.

Страна, имевшая такие социально-экономические показатели, вряд ли могла серьезно развивать программу освоения ядерных технологий и создания атомной энергетики. Любая попытка была обречена на провал.

В 1947 году, на третий год правления режима Грау Сан-Мартина, был принят указ, который, как и многие решения в те годы, просто не мог быть выполнен, учитывая положение дел на Кубе. 8 ноября президент подписал указ №4054(2) о создании Национальной комиссии по использованию атомной энергии в невоенных целях. Комиссия действовала при Национальном институте гидрологии и климатологии министерства здравоохранения и соцобеспечения.

Перед комиссией были поставлены следующие цели: исследование в области атомной энергии и ее использования в мирных целях, в основном в сфере здравоохранения и других отраслях экономики; поиск естественных источников атомной энергии на Кубе; распространение радиоактивных материалов, веществ и лекарственных препаратов среди частных и государственных медицинских учреждений; предоставление стипендий и проведение курсов повышения квалификации специалистов; определение и утверждение стандартов радиологической защиты; проверка эффективности мер обнаружения радиации и контроль над деятельностью, связанной с радиоактивностью, в масштабах страны.

В большинстве развитых стран того времени основной областью мирного использования атома было применение радиоактивных веществ в медицине в терапевтических целях.

Куба обладала терапевтическим оборудованием, которое работало, в том

числе, и на радоне, получаемом при распаде радия. Запасы последнего были уничтожены к концу сороковых годов из-за скрытых опасностей, возникавших при обращении с ним из-за ненадежных систем контроля над дозировкой. Между 1947 и 1948 годом в стране впервые начали использоваться радиоиглы для лечения рака кожи. Неумелое обращение с технологией, отсутствие представлений об угрозах радиации и недостаточные меры предосторожности привели к тому, что три человека, практиковавших этот метод лечения, подверглись облучению и потеряли несколько пальцев на руках.

В 1950 году на Кубе впервые для лечения рака были применены радиоизотопы. Они были закуплены в одной американской аптеке, хранились и применялись в кустарной лаборатории, созданной при больнице *Королева Мерседес* в Гаване.

Лишь в 1958 году в стране впервые появилась кобальтовая бомба для терапевтического облучения. Причем ее появление никак не было связано с деятельностью министерства здравоохранения и соцобеспечения, поскольку это была личная инициатива двух кубинских врачей, которые и установили соответствующее оборудование в помещении Радиового института *Хуан-Бруно Сайяс* для личного и общественного пользования.

К концу сороковых годов правительством было сделано еще меньше для обеспечения радиационной защиты. Теоретически, персонал, работавший с радиацией, получал более продолжительный ежегодный отпуск согласно закону от 1948 года, базировавшемуся на якобы адекватном представлении о воздействии ионизирующего излучения на тело человека. Полностью отсутствовал контроль над разработкой источников радиации и выполнением мер по защите персонала, подвергающегося облучению. Единственное, что делалось на практике (в большинстве случаев без знания дела), это исполнение рекомендаций производителя.

Программы стипендий и курсы повышения квалификации, обещавшиеся указом, не принесли результатов. Число врачей, которые интересовались применением радиации в терапевтических целях и могли бы присутствовать на международных конгрессах или пройти курс обучения в исследовательских центрах США, было очень небольшим (например, Лига борьбы с раком).

Использование радиоизотопов также было развито слабо. Те редкие исследования, которые проводились, шли в рамках Национального института гидрологии и климатологии, а их скромные результаты из-за отсутствия ресурсов и поддержки находили свое выражение лишь в научных публикациях.

Несмотря на то, что Куба имела определенный уровень развития медицинской науки, страна не смогла достичь большого прогресса в применении радиоизотопов для лечения рака. Даже небольшие достижения были результатом индивидуальных действий того ограниченного круга врачей, которых привлекала новая область науки.

К середине пятидесятых годов комиссии не удалось достичь ни одной из своих целей. В действительности, ее создание было продиктовано внешнеполитическими соображениями. Это ясно видно из параграфа f) указа об учреждении комиссии, в котором говорилось, что исследовательские проекты будут осуществляться лишь в соответствии с планами и методами, разработанными совместно с Комиссией по атомной энергии США.

В июне 1955 года был принят указ о роспуске комиссии и замене ее Комиссией по ядерной энергии Кубы (КЯЭК). К этому времени администрация Эйзенхауэра в США провозгласила политику *Атомы для мира*.

КЯЭК, действовавшая под эгидой Национального совета экономики, влачила эфемерное существование и не имела реального бюджета. Комиссия поставила также необычную для того времени задачу, подтвердив необходимость изучения возможностей установки реакторов на Кубе и осуществления контроля и инспекций над соответствующей ядерной деятельностью.

Несколько недель спустя, в сентябре 1955 года делегация комиссии приняла участие в 1-й Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, состоявшейся в Женеве.

В июне 1956 года президент Кубы подписал соглашение о совместном сотрудничестве в области ядерной энергии с администрацией Эйзенхауэра, которая установила такого рода договоренности и с 37 другими странами. Документ предусматривал, как это ни удивительно, строительство лаборатории для ядерных исследований с реактором мощностью в один мегаватт, ускорителем Ван дер Граффа на 2,5 МэВ, источником кобальта-60 для гамма

излучения и несколькими дополнительными лабораториями.

К концу года по итогам этой бурной деятельности в Гаване был проведен 1-й Национальный форум по мирному использованию атомной энергии, организованный КЯЭК. Это было пропагандистское мероприятие, на котором были изложены перспективы развития национальной ядерной программы. Однако радужная картина, которую столь старательно создавали, значительно отличалась от реальной политической и социально-экономической ситуации. Преувеличенный оптимизм первых лиц в КЯЭК должен был укрепить веру в то, что применение ядерной энергии приведет к крупному качественному скачку.

Подтверждением тому служит доклад, который в середине 1957 года был передан техническим директором комиссии ректору Гаванского университета Клементу Инклану. Документ содержал претенциозный план подключения университета к исследованиям в ядерной области. Проект включал в себя адекватную поддержку работы кафедры ядерной физики, создание Института ядерных исследований при факультете точных наук и организацию ядерной лаборатории для преподавания и исследований, которая имела бы ускоритель частиц.

Ответ Клемента Инклана был пессимистичен: «Что касается планов подключения Гаванского университета к ядерным исследованиям, считаю своим долгом сообщить Вам, что данный план будет принят во внимание, когда экономическое положение нашего академического центра позволит проводить вышеназванные исследования».

Но и через два года после создания КЯЭК и объявления о грандиозных планах (которые в целом напоминали предложения, сделанные Гаванскому университету) ничего сделано не было. Предприняв ряд неудачных попыток заставить правительство сделать подобные капиталовложения, КЯЭК намеревалась убедить университет взять эти расходы на себя.

Данный краткий исторический обзор был бы неполным без описания наиболее фантастического проекта того времени: установки реактора на кипящей воде на небольшой АЭС, которую Кубинская электрическая компания планировала построить в центре острова недалеко от болот Сапата. Мощность реактора должна была составлять 11,5 МВт. Эту идею пришлось

отбросить после оценки затрат, хотя с самого начала было понятно, что этот план не может быть успешно реализован.

В то время надежность реакторов была крайне невысокой, поскольку отсутствовала какая-либо значимая статистика относительно их функционирования. Кроме того, чтобы достичь некоей рентабельности, необходима была АЭС с мощностью более 200 МВт. Это количество превысило бы все имеющиеся энергетические мощности на Кубе, как минимум, на 50%, что создало бы серьезный дисбаланс в национальной энергетической системе. Установка же в 11,5 МВт не представляла никакой экономической ценности, поскольку некоторые тепловые станции (например, ТЭС в районе Регла) имели генераторы мощностью до 60 МВт. Учитывая вышеизложенное, можно предположить, что *Electric Bond and Share* – американская материнская корпорация Кубинской электрической компании – намеревалась лишь поэкспериментировать с новой технологией. Не был реализован и аналогичный проект по установке реактора в 20,5 МВт в районе Санта-Люсии в провинции Пинар-дель-Рио, предложенный лондонской *Mitchell Engineering Ltd.*, связанной с *American Machine and Foundry Co.*

На самом деле, цели КЯЭК не могли быть реализованы в то время, как минимум, по трем причинам. *Во-первых*, в стране, которая была столь далека от прогресса в экономике, не мог увеличиться спрос на энергию. А экономическая ситуация лишь ухудшалась. Электрификация страны охватила только половину населения, общая мощность имеющихся электростанций не превышала 400 МВт. Не возросли бы потребности даже сахарной промышленности, не говоря уже об отсталом сельскохозяйственном производстве.

Во-вторых, отсутствовала экономическая и научная инфраструктура необходимая для развития программы ядерной энергетики. Не было объединенной национальной электроэнергетической системы с линиями высокой мощности, не было промышленного потенциала для внедрения передовых технологий, не было научных учреждений и квалифицированного персонала для решения таких задач.

В-третьих, развитие ядерной энергетики или создание условий для такого развития отнюдь не являлись национальными приоритетами Кубы.

Ядерная энергия и развитие

За последние 17 лет Куба ускоренными темпами внедряла ядерные технологии в различных областях экономики, медицины, науки и техники. Ядерная программа страны включает использование ядерной энергии для производства электричества, создание исследовательских центров и объектов специального производства, а также развитие национальной системы радиологической защиты и ядерной безопасности.

Такой прогресс, достигнутый, в основном, в восьмидесятые и в начале девяностых годов, стал возможен потому, что мы начали не с нуля. Эта деятельность осуществляется в комплексе с другими мероприятиями в промышленной и научно-технической сфере, носящими общенациональный характер и являющимися государственным приоритетом. В частности, президент Кубы Фидель Кастро всегда придает большое значение и поддерживает развитие ядерных технологий как части общей энергетической инфраструктуры Кубы.

В начале шестидесятых годов в рамках национальных усилий по созданию научно-технической инфраструктуры были предприняты шаги по развитию ядерной науки и технологий. Основание Института онкологии и радиобиологии и Национального центра научных исследований положило начало применению ядерных технологий в биомедицине и изучению возможностей их использования в других областях. В те годы был также создан Институт ядерной физики Академии наук Кубы, деятельность которого заключалась в подготовке первых кубинских специалистов в этой сфере.

Семидесятые годы характеризовались дальнейшим расширением форм использования ядерной энергии в мирных целях. Применение радиоизотопов и радиоактивности было распространено на новые отрасли медицины и экономики. В Гаванском университете при институтах физики и электротехники были созданы кафедры ядерной физики и ядерной энергетики. В 1974 году была учреждена Национальная комиссия по мирному использованию атомной энергии, подчинявшаяся Государственному комитету по науке и технике. Комиссия активно включилась в сотрудничество с различными международными организациями в этой области. В апреле 1976 года в рамках межправительственного соглашения с

Советским Союзом стороны достигли договоренности о строительстве на Кубе АЭС.

Тем не менее, в то время формирование единой национальной ядерной программы было затруднено разного рода проблемами, отсутствием четкого видения целей и приоритетов, распылением материалов и кадров.

Было ясно, что необходима развитая инфраструктура для освоения ядерной энергии и широкого внедрения достижений ядерной науки и техники в экономику страны. Все это требовало инвестиций, профессионального обучения, соответствующих исследований, расширения сотрудничества, решения других проблем и принятия ряда организационных и политических решений. В начале восьмидесятых годов ядерная политика Кубы была пересмотрена, и была основана Комиссия по атомной энергии Кубы (КАЭК).

КАЭК должна была координировать и направлять усилия основных заинтересованных организаций, а также рекомендовать правительству принимать те или иные решения в данной области. Комиссию возглавлял заместитель председателя Совета министров, а ее членами стали руководители энергетических ведомств, министр высшего образования, президент Академии наук Кубы и исполнительный секретарь комиссии, который одновременно возглавлял Исполнительный совет по ядерным проблемам (СЕАН), отвечающий за профессиональную и систематическую реализацию разрабатываемой политики.

Эта реорганизация значительно активизировала ядерную политику Кубы и стала началом ее качественно нового этапа, который был значительно прогрессивнее предыдущих в том, что касалось концептуального подхода, содержания и направлений политики. На основе адекватной программы действий, имеющей четко сформулированные цели для каждой фазы, всего за десятилетие были созданы основные элементы комплексной инфраструктуры, необходимой для развития ядерной энергетики и промышленности.

Ядерная программа Кубы имела четыре главных направления: ядерная энергетика; внедрение ядерных технологий в различных отраслях экономики; развитие прикладных и фундаментальных исследований; создание систем радиологической защиты и ядерной безопасности.

С самого начала большое внимание уделялось подготовке и повышению навыков специалистов, техников и квалифицированных рабочих для осуществления ядерной программы. Существовало понимание важности достижения определенного уровня профессиональной подготовки рабочей силы – главного ресурса страны. Это понимание было реализовано в конкретных делах.

Производился активный отбор будущих специалистов; повышение их научных знаний стало одним из главных приоритетов. В семидесятые и в первой половине восьмидесятых годов обучение специалистов, главным образом, проходило в бывшем СССР и других странах Восточной Европы. С 1987 года вновь созданному при СЕАН Высшему институту ядерной науки и технологии были приданы соответствующие лаборатории и оборудование, что позволило увеличить количество специалистов в области ядерной физики, радиохимии и ядерной инженерии, обучавшихся на Кубе. С 1991 года вообще прекратилась отправка выпускников за границу для овладения соответствующими специальностями. Аспирантура института использовалась для повышения знаний персонала, работающего в ядерной области.

Масштабы проведенных преобразований в области подготовки кадров потрясают, ибо в 1980 году, например, на Кубе было всего 50 ядерщиков. К 1993 году около 1300 высококлассных специалистов (что больше, чем общее количество выпускников кубинских вузов 1980 года) уже работали в различных отраслях экономики, применявших ядерные технологии.

Сотни техников и квалифицированных рабочих были подготовлены в это время, как за рубежом, так и в стенах Электро-ядерного политехнического центра в Хурагуа, основанного в 1981 году и постоянно совершенствовавшего методы преподавания. Важным источником талантливых кадров для страны и для ядерной сферы, в частности, стали прединiversитетские институты, специализирующиеся в области точных наук (ИПЕСЕ). По инициативе КАЭК первое из таких учреждений было создано в 1980 году – ИПЕСЕ Гумбольдт-7 в районе Сан-Антонио-де-лос-Баньос в провинции Гавана. Вскоре этот опыт был расширен, и в других провинциях появились еще два института. К концу восьмидесятых годов выпускники ИПЕСЕ составляли 28% от общего числа студентов, изучавших специальности, которые

представляли интерес для ядерной программы Кубы.

Также увеличилось использование ядерных технологий в различных секторах кубинской экономики, что принесло несомненную пользу. Эти технологии применялись в медицине, гидроэкономике, сельском хозяйстве, животноводстве, сахарной и горно-металлургической промышленности, в геологии при открытии запасов полезных ископаемых и при поиске нефти, для сохранения продовольствия с использованием методов облучения.

В сфере здравоохранения ядерные технологии применялись особенно активно, главным образом, в медицине и лучевой терапии.

В ядерной медицине диагностика базируется на использовании маркированных изотопами соединений, которые стали важным элементом работы онкологов, кардиологов, неврологов, ортопедов и других специалистов. Более сотни врачей и технических специалистов работают в 15 специализированных управлениях в разных провинциях страны. Там проводятся исследования, и оказывается медицинская помощь населению с применением высококачественного оборудования, как, например, камер с гамма-излучением, гамма-томографов, рентгенографов, детекторов изотопа йода и гамма-дозиметров. Также проводятся исследования по контролю над радиоактивными медицинскими препаратами и подготовка специалистов по методикам визуализации и радиоиммунноанализа.

В частности, Институт онкологии и радиобиологии и его медицинское отделение имеют гамма-камеру и другое оборудование, поставленное Программой развития ООН (ПРООН). Это учреждение стало центром, пропагандирующим использование радиоизотопов в медицине, и служит базой научных исследований, результаты которых распространяются затем по другим лабораториям страны. Лучевая терапия сегодня применяется в девяти медицинских институтах для лечения злокачественных опухолей (применяются кобальт-60 и радий-226). Качество лечения заметно улучшилось после приобретения нового оборудования для диагностики и биомедицинских исследований, включая линейный ускоритель электронов для лучевой терапии, который начал работать в 1990 году.

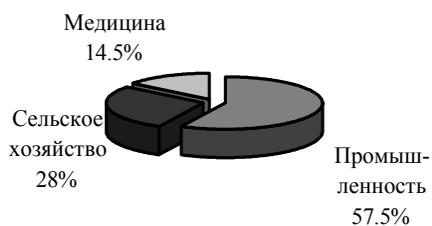
Другое применение ядерной технологии – это лучевая стерилизация продовольствия. В марте

1987 года на окраине Гаваны была открыта экспериментальная установка, произведенная в России и предоставленная МАГАТЭ. Это был первый серьезный радиологический объект, который начал работать на Кубе в промышленном масштабе. Установка была размещена в Институте продовольственных исследований, и на первом этапе ее применения были успешно облучены такие сельскохозяйственные продукты, как картофель, лук, чеснок, какао и специи.

С августа 1985 года в Национальном центре ветеринарии и санитарии начала работу канадская бронированная установка для лучевой стерилизации *Gamma Cell-500*, предоставленная в рамках проекта ПРООН. Производительность этой установки не позволяет использовать ее в промышленных целях, поэтому она служит для исследований по установлению доз лучевых ингибиторов и стерилизаторов для пластиковых материалов, офтальмологических мазей, костных тканей для трансплантации, вакцин и антибиотиков. В частности, были получены положительные результаты в случае с антименингококковой вакциной и иммуноспецифическим гамма-глобулином против менингита Б, которые были разработаны на Кубе. Учитывая приобретенный опыт и ожидавшийся рост объемов производства фармацевтической и медицинской промышленности, рассматривалась возможность создания установки по лучевой стерилизации в промышленных масштабах.

Также важны ядерные технологии, применяемые в целях общего экономического развития. Они уже успешно внедряются в промышленности и сельском хозяйстве – отраслях, получающих наибольшую пользу от их использования, как это показано на рис. 1.

Рис.1. Отрасли экономики, использующие ядерные технологии



Исследования, касающиеся удобрений, маркированных азотом-15, позволили установить время и необходимые дозы их применения при выращивании риса. Кроме

того, для снижения потребления удобрений изучается возможность внедрения технологии *азот-15* для повышения биологической способности растений сохранять этот химический элемент.

Изучались возможности использования технологии дезинсекции, успешно применяемой в других странах, для борьбы с вредителями сахарного тростника и кукурузы. В животноводстве технологии радиоиммунноанализа оказались эффективны для ранней диагностики беременности. С ее помощью можно определить концентрацию прогестерона в молоке, что позволяет в три раза раньше диагностировать беременность у скота.

Использование радиоактивных меченых атомов позволило быстро и точно определить естественный уровень подземных вод и изотопный состав скважин и источников в провинциях Пинар-дель-Рио и Матансас. Другие исследования с применением этой технологии касаются изучения процессов засорения и фильтрации плотин и причин высокой минерализации воды, которая приводит к засолению некоторых водоемов.

Технология меченых атомов и ядерные аналитические методики все больше применяются в сахарной промышленности для оценки работы предприятий и определения химического состава получаемой основной и побочной продукции. Эти технологии будут постепенно внедряться и в других отраслях промышленности. В настоящее время они уже используются в нефтяной промышленности для оценки запасов месторождений; в исследовании морских отложений для изучения экологических изменений и анализа пород в подпочве, содержащих природные радиоактивные изотопы.

Преимущества использования ядерной технологии с каждым днем осознаются все лучше. В настоящее время более 180 центров в 14 кубинских провинциях используют ионизирующее излучение.

Достижения в области мирного использования ядерной энергии привели к необходимости создания сети институтов и научных центров под эгидой СЕАН для проведения фундаментальных и прикладных исследований по развитию соответствующей инфраструктуры, которая отвечала бы высоким научным и техническим требованиям кубинской ядерной программы.

Шагом вперед в этом направлении стало учреждение Центра прикладных исследований для ядерного развития (СЕАДЕН), на торжественном открытии которого в октябре 1987 года присутствовали президент Кубы Фидель Кастро и Генеральный директор МАГАТЭ Ханс Бликс. Центр предназначен для проведения прикладных исследований, освоения и разработки новых технологий и научно-технического обслуживания различных кубинских учреждений. Основными областями работы стали физика сжатой среды, аналитическая химия, радиохимия, радиобиология, ядерная электроника и технологии производства сырья для ядерной энергетической программы.

В короткие сроки центр смог увеличить количество и объемы экспериментальных программ, предназначенных для соответствующих отраслей, использующих ядерные технологии. Это включало в себя разработку гормонов, аминокислот и других маркированных смесей для применения в радиоиммунноанализе, при производстве радиопрепаратов и для биологических и биотехнических исследований. На базе созданных прототипов были произведены радиоизмерительные приборы, силиконовые детекторы (литий), усилители и другие важные элементы спектрометрического оборудования, крайне необходимого для проектов, связанных с обнаружением и фиксацией ионизирующего излучения.

Для усиления контроля над качеством строительства на АЭС в Хурагуа были проведены металлографические и коррозионные исследования. Новый метод для характеристики качества стали использует электронные микроскопы и другие ядерные аналитические методики, имеющие больше возможностей по сравнению с прежними способами обнаружения дефектов в сварочных конструкциях. Кроме того, центром проводились работы по стерилизации веществ, производству новых сортов сельскохозяйственных культур, деактивации и обращению с низкорadioактивными отходами и разработке технических планов получения различных материалов в ходе химических и физических процессов.

В рамках обширной программы геологических исследований Центр предпринял усилия по обнаружению в недрах острова урана, тория и других редкоземельных элементов (их запасов или возможностей их получения из примесей, содержащихся в других минералах).

Для решения проблем, связанных с будущим использованием ядерных реакторов и поддержанием оптимального уровня их работы, был сделан упор на создание междисциплинарных групп специалистов в области теоретической и экспериментальной ядерной физики, инженеров и техников. Особое внимание исследователей было уделено изучению процессов деления ядра и сбору необходимых данных для физиков-реакторщиков, специалистов по радиационной защите и т.п. Для этого требовалось не только постепенное внедрение фундаментальных ядерных теорий, но и разработка и использование наиболее современных моделей расчета ядерных данных реакций, вызываемых нейтронами.

Как показывают имеющийся международный опыт и анализ аварий, произошедших за последние сорок лет, глубокое знание физических процессов, идущих на АЭС, необходимо для обеспечения безопасного функционирования последних. Таким образом, наряду с оценкой ядерных данных и прикладными физическими исследованиями, акцент был сделан на нейтронные расчеты, термогидравлику и динамическое реакторное моделирование. Эти проекты требовали среди прочего создания солидной компьютерной базы в стране.

Что касается экспериментов, то, несмотря на нехватку оборудования, был осуществлен ряд проектов (часть из которых была реализована за границей), позволивших освоить нейтронную активацию, рентгеновскую флуоресценцию, отражение тепловых нейтронов и другие ядерные аналитические методики, которые сегодня применяются в интересах сельского хозяйства, горной металлургии и медицине.

Все эти усилия были частью стратегии, выработанной на основе имеющихся возможностей и потребностей ядерной программы и направленной на освоение и развитие прогрессивных технологий в области ядерной электроники и механики, автоматизации экспериментов и компьютерной обработки данных.

В ходе осуществления НИОКР специалисты пользовались новейшей информацией. Центр информации по ядерной энергии, созданный в 1983 году практически с нуля и официально открытый в апреле 1992 года, сумел за короткий период создать библиотеку, содержащую более 300 тыс. документов. Коллекция включает около

160 видов журналов и научных публикаций со всего мира, к которым добавились материалы Национальной системы научно-технической информации, издающей два раза в год журнал *Nucleus*, впервые вышедший в свет в 1986 году. Центр также предлагает специализированные фото- и видео-услуги и услуги технического перевода. Он сотрудничает со средствами массовой информации с целью распространения объективной и подробной информации о современных ядерных технологиях.

Центр ядерных исследований задумывался как важное звено всей инфраструктуры. Этот проект был начат в 1988 году во взаимодействии с бывшим СССР. Центр должен был иметь исследовательский реактор мощностью 10 МВт, необходимый для изучения характеристик ядра реакторов типа ВВЭР, лаборатории для исследований в области физики нейтронов, производства радиоизотопов и радиационной безопасности. Кроме того, должен был быть сооружен ряд других объектов. Из институтов, с появлением которых должен был завершиться процесс создания научно-технической инфраструктуры ядерной программы, к 1995 году был закончен лишь Центр изотопов. Он должен был удовлетворить растущий спрос на радиопрепараты и меченые смеси для применения в медицине и других отраслях экономики. Строительство Центра использования и развития ядерного оборудования, имеющего жилищную инфраструктуру со всеми современными удобствами, было прервано в 1991 году; тогда же были приостановлено инвестирование средств, планировавшихся для вложения в строительство Центра ядерных исследований.

Во всех вышеуказанных работах, начиная от строительства АЭС в Хурагуа до деятельности в других секторах, использующих ионизирующее излучение, главным приоритетом было обеспечение радиационной защиты и ядерной безопасности.

Существенным шагом вперед в создании комплексной системы защиты людей и окружающей среды от радиации и обеспечения безопасного использования ядерной энергии стало принятие законов 56/82 и 98/87 (1982 и 1987 годы соответственно) и других подзаконных актов. Для руководства работой системы был создан Центр гигиены и защиты от радиации – технический орган, координирующий и направляющий радиологический надзор на Кубе. Работа центра осуществляется с помощью системы

радиационного наблюдения за окружающей средой, состоящей из лабораторий в западной, центральной и восточной частях острова и других объектов по всей Кубе.

Система контроля была усилена образованием Национального центра по ядерной безопасности для содействия в области государственного надзора за безопасностью АЭС в Хурагуа и других ядерных объектов, планировавшихся к строительству на Кубе. С этой целью была создана и группа государственных инспекторов из различных организаций, работающих в тесном контакте с инспекторами строящихся объектов и местными представительствами СЕАН.

Хотя в последнее время возможности и компетентность этого органа ставились под сомнение, правда состоит в том, что его сотрудники были подготовлены в международных центрах и осуществляют консультации с ведущими специалистами из других стран. Они прекрасно знают работу АЭС, и у каждого из них будет более 15 лет стажа к тому моменту, когда АЭС начнет работу. Вряд ли другие страны с аналогичным уровнем развития в области ядерной энергетики могут похвастаться чем-то большим.

Все эти достижения потребовали серьезной поддержки и мобилизации значительных человеческих и материальных ресурсов внутри страны. Тем не менее, важно подчеркнуть, что реализация поставленных целей в столь короткие сроки стала результатом взаимовыгодного сотрудничества с бывшим СССР, Восточной Европой и другими дружественными государствами, международными организациями и научными центрами.

Международное сотрудничество было, главным образом, направлено на повышение квалификации специалистов, на создание исследовательских и образовательных лабораторий и на привлечение зарубежных экспертов. В этой связи большую роль играли двухсторонние отношения. Начиная с 1981 года, было подготовлено более 550 специалистов из различных кубинских институтов и организаций, а более 100 зарубежных экспертов консультировали Кубу по разным вопросам. В стоимостном выражении такое сотрудничество было оценено в четыре-пять миллионов песо.

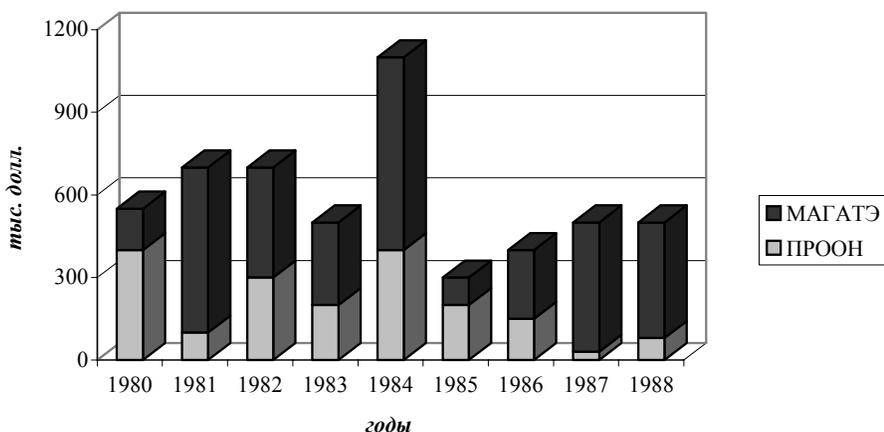
Взаимодействие с известными научными центрами, как Объединенный институт ядерных исследований в Дубне или Международный

центр теоретической физики в Триесте, позволило подготовить и значительно повысить профессиональный уровень кубинских специалистов, благодаря прекрасным условиям, созданным в этих учреждениях.

Будучи убеждена в необходимости укрепления сотрудничества со странами Латинской Америки, Куба приняла участие в программе

Совместных региональных мер по развитию науки и ядерной технологии (АРКАЛ), начатой в 1988 году. Куба участвует в большинстве проектов и предоставляет свое оборудование и объекты для проведения курсов и другой деятельности, связанной с освоением ядерных технологий.

Рис.2. Объем технической помощи и сотрудничества с МАГАТЭ и ПРООН (тыс. долл.)



С восьмидесятых годов Куба играет активную роль в МАГАТЭ. В 1983 году она впервые была избрана членом Совета управляющих МАГАТЭ и затем еще три раза входила в его состав. Куба также активно участвовала во внеочередной конференции МАГАТЭ в Вене в 1986 году, посвященной Чернобыльской аварии. Она была одной из первых стран, подписавших Конвенцию о раннем предупреждении и сотрудничестве на случай аварий, которая была выработана в ходе конференции. Куба приняла участие в мероприятиях по празднованию в Обнинске 30-летней годовщины образования МАГАТЭ и получения ядерной энергии. Страна активно сотрудничала с координационной группой членом Движения неприсоединения по мирному использованию ядерной энергии. Вторая встреча этой группы была проведена в Гаване в 1983 году под председательством Кубы (последняя сохраняла этот пост до 1987 года).

Заслуживают внимания помощь и техническое сотрудничество с МАГАТЭ практически по всем направлениям ядерной программы. Помощь, полученная от Агентства в восьмидесятые годы, превысила три миллиона долларов (рис.2). Она позволила завершить более 30 проектов и обеспечила обучение

кубинцев на различных курсах подготовки специалистов. Техническая помощь, предоставленная ПРООН, также была значительной и превысила полтора миллиона долларов. С 1980 по 1990 годы Куба получила более 87% всей помощи, предоставленной ей в ядерной области этими двумя организациями за последние 30 лет.

В 1994 году в результате реорганизации системы государственного управления СЕАН был подчинен созданному тогда министерству науки, технологии и окружающей среды и переименован в Агентство по ядерной энергии.

Институт сохраняет прежнюю структуру в том, что касается образования, научно-технической деятельности и системы радиационной защиты. Система ядерной безопасности, обслуживание и развитие инфраструктуры, экономическая, финансовая и коммерческая деятельность перешли в ведение министерства.

¹В основе статьи лежит глава из книги. Печатается с любезного разрешения автора. Перевод © ПИР-Центр.

(Окончание в следующем номере)